

## O GRAU DE UMIDADE NA COLHEITA E O SISTEMA DE SECAGEM SÃO DETERMINANTES PARA O VIGOR DE SEMENTES DE ARROZ

JAQUELINI GARCIA<sup>1</sup>, CILEIDE MARIA MEDEIROS COELHO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Produção vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Avenida Luiz de Camões, 2090, Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, SC, Brasil, jaqueline.garcia@hotmail.com, cileide.souza@udesc.br

**RESUMO:** O grau de umidade na colheita e o sistema de secagem podem ser determinantes na qualidade das sementes produzidas. Neste trabalho foi avaliado se o sistema de secagem e o grau de umidade na colheita interferem na qualidade fisiológica das sementes de arroz. Foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial triplo. Foi utilizada seis cultivares produzidas no Alto Vale do Itajaí/SC na safra 2016/17 com grau de umidade na colheita igual ou superior a 17% (19,30 - 17,30%) e inferior a 17% (16,40 - 15,03%) (base úmida). As sementes foram submetidas aos sistemas de secagem estacionário e intermitente. Realizou-se testes de germinação, viabilidade, vigor pelo envelhecimento acelerado e frio. Sementes colhidas com grau de umidade  $\geq$  17% apresentaram maior vigor. A cultivar foi um fator de grande relevância na sensibilidade ao dano térmico e mecânico. O sistema de secagem não afetou a viabilidade das sementes, com exceção da cultivar SCS122 Miura que foi sensível a dano térmico e mecânico. A secagem estacionária comprometeu a qualidade fisiológica. Conclui-se que a secagem intermitente e a colheita com grau de umidade igual ou superior a 17%, mantém a qualidade fisiológica das cultivares SCSBRS Tio Taka, SCS122 Miura, SCS116 Satoru e SCS121 CL.

**Palavras-chaves:** Secagem estacionária, secagem intermitente, qualidade fisiológica.

## THE DEGREE OF MOISTURE IN THE HARVEST AND THE DRYING SYSTEM ARE DETERMINANT FOR THE RICE SEED VIGOR

**ABSTRACT:** The degree of moisture at harvest and the drying system can determine the quality of the seeds produced. In this work, it was evaluated whether the drying system and the degree of moisture at harvest affect the physiological quality of rice seeds. It was conducted in a completely randomized design in a triple factorial scheme. Six cultivars produced in Alto Vale do Itajaí/SC in the 2016/17 crop were used, with moisture content at harvest equal or greater than 17% (19.30 – 17.30%) and less than 17% (16.40 - 15.03%) (wet basis). Seeds were submitted to stationary and intermittent drying systems. Tests of germination, viability, vigor by accelerated aging and cold were performed. Seeds harvested with moisture content  $\geq$  17% showed greater vigor. The cultivar was a factor of great relevance in the sensitivity to thermal and mechanical damage. The drying system did not affect seed viability, except for the cultivar SCS122 Miura, which was sensitive to thermal and mechanical damage. Stationary drying compromised physiological quality. It was concluded that intermittent drying and harvesting with moisture content equal or greater than 17% maintain the physiological quality of the SCSBRS Tio Taka, SCS122 Miura, SCS116 Satoru and SCS121 CL cultivars.

**Keywords:** Stationary drying, intermittent drying, physiological quality.

### 1 INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina é o segundo maior produtor nacional de sementes de arroz irrigado (BRASIL, 2020), porém a produção de sementes com alta qualidade fisiológica

continua sendo um desafio para o setor sementeiro.

Na maturidade fisiológica as sementes de arroz apresentam máxima germinação e vigor (MENEZES et al., 2012), porém a alta

umidade das sementes, em torno de 30%, inviabiliza a colheita nesta fase.

Após a maturidade fisiológica, as sementes vão perdendo água, possibilitando a colheita mecanizada. Entretanto, este período de permanência das sementes no campo as tornam mais suscetíveis ao ataque de pragas e patógenos, a danos mecânicos (SMIDERLE; DIAS, 2011) e às condições climáticas, que podem comprometer a qualidade da semente (GALVÃO et al., 2014). Além disso, a intensidade de dormência nas sementes de arroz é variável com a temperatura no período de colheita e com a cultivar (JENNINGS; JESUS JÚNIOR, 1964). Ou seja, mais tempo a campo pode resultar em um maior percentual de sementes dormentes, subestimando a qualidade fisiológica do lote, podendo retardar a comercialização dessas sementes.

O adequado é que a colheita seja realizada o mais próximo possível da maturidade fisiológica, de modo que o teor de água da semente não inviabilize a secagem, e que a semente permaneça o menor tempo possível no campo.

Atualmente existe a recomendação que as sementes de arroz sejam colhidas em uma faixa de umidade que varia de 22 a 18% (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO, 2018). Porém, sementes armazenadas nessas condições, com teor de água elevado, apresentam altas taxas de atividade respiratória, ocorrendo um consumo antecipado das reservas, provocando um desgaste fisiológico e ocasionando uma redução do percentual de germinação e vigor (ULLMANN et al., 2015). Necessitando, portanto, de secagem para maior longevidade das sementes e segurança no armazenamento.

Para as sementes ortodoxas, como o arroz, o armazenamento com 13 a 10% de grau de umidade é considerado uma faixa segura (MARCOS FILHO, 2015). Assim as unidades de beneficiamento de sementes visando a redução do grau de umidade utilizam da secagem artificial, que apesar das vantagens para o armazenamento, pode afetar negativamente a qualidade fisiológica das sementes dependendo do tipo de secador, da temperatura, do tempo de exposição, do teor de água das sementes e da cultivar (OLIVEIRA et

al., 2016), necessitando um conhecimento detalhado do processo. Trabalhos dessa natureza que avaliem o impacto do tipo de secagem e do grau de umidade inicial das sementes sob a qualidade fisiológica das sementes de arroz são escassos.

Putranto et al. (2011) observaram que grãos de arroz submetidos a secagem intermitente podem ser mais resistentes a danos mecânicos e choques térmicos. Saravia, Peres e Risso (2007) concluíram que a secagem intermitente com temperatura constante do ar a 60°C afeta negativamente a qualidade fisiológica de semente de arroz e que o uso de temperaturas crescentes até 60°C na secagem intermitente proporciona a manutenção da qualidade fisiológica de sementes de arroz.

A secagem de sementes de arroz irrigado normalmente utiliza do sistema de secagem intermitente rápido. Este método é caracterizado pela passagem descontínua do ar aquecido em uma temperatura de 70 a 75°C na massa de sementes em movimento (MENEGETTI et al., 2012), seguido de uma câmara de repouso. Entretanto, alguns estudos indicam que o uso do sistema de secagem estacionário tem grande potencial de uso no setor orizícola, pelo menor custo ao produtor e pela possibilidade de ser utilizado como silo de armazenamento (RANGEL; ZIMMER; VILLELA, 1997).

Avelar et al. (2011) ao testarem secagem estacionária em sementes de soja com ar desumidificado por resfriamento comprovaram que não houve prejuízo na qualidade das sementes submetidas a este tipo de secagem artificial. Menezes et al. (2012) observaram que a secagem estacionária com uma temperatura de até 38°C não afeta a qualidade fisiológica das sementes de arroz.

O sistema estacionário pode ser uma alternativa interessante para as sementes de arroz. Seu princípio de funcionamento consiste basicamente no insuflamento de ar continuamente, na maioria das situações, através de um volume de sementes que permanece estático. A secagem processa-se em camadas, com a formação de zonas de secagem (EICHOL; PERES, 2008). Neste tipo de secagem, a remoção de água das sementes ocorre de forma mais lenta, praticamente não

ocasionando danos mecânicos (SCHUH et al., 2011), se utilizada a temperatura adequada de até 45°C para secagem (BARBOSA et al., 2005).

Para amenizar as perdas da qualidade fisiológica das sementes de arroz após a colheita, é fundamental o uso de um sistema de secagem que possibilite a manutenção da qualidade fisiológica produzida a campo. Entretanto, técnicos e produtores possuem poucas informações sobre a existência de diferenças na tolerância da perda de umidade entre as cultivares utilizadas e se a qualidade fisiológica é afetada pelo sistema de secagem.

Dessa forma, levantou-se a hipótese que sementes de arroz colhidas com grau de umidade acima de 17% associadas a secagem estacionária apresentam maior germinação e vigor. Diante disso, objetivou-se avaliar se o sistema de secagem e o grau de umidade na

colheita interferem na qualidade fisiológica das sementes de cultivares de arroz.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no laboratório de análise de sementes (LAS) localizado no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em Lages/SC. Utilizou-se sementes de arroz irrigado das cultivares SCSBRS Tio Taka, SCS116 Satoru, SCS121 CL e SCS122 Miura de ciclo longo, produzidas no Alto Vale do Itajaí na safra 2016/17.

A Tabela 1 exhibe o município de cultivo, classe do lote, data de semeadura, data de colheita, duração do ciclo (dias) e grau de umidade (GU) na colheita (%) dos lotes de sementes das cultivares de arroz utilizadas na safra 2016/17.

**Tabela 1.** Histórico descritivo da origem dos lotes de sementes das cultivares de arroz utilizados no estudo.

Cultivar	Município (SC)	Classe do lote	Data de semeadura	Data de colheita	GU na colheita (%)
<b>GU ≥ 17%</b>					
SCSBRS Tio Taka	Agronômica	C2	07/10/2016	27/03/2017	18,25
SCS116 Satoru	Pouso Redondo	C1	18/09/2016	02/03/2017	19,30
SCS121 CL	Taió	C2	05/11/2016	01/04/2017	18,17
SCS122 Miura	Taió	C1	20/11/2016	01/05/2017	17,30
<b>GU &lt; 17%</b>					
SCSBRS Tio Taka	Pouso Redondo	C1	18/09/2016	02/03/2017	16,40
SCS116 Satoru	Agrolândia	C2	01/09/2016	17/03/2017	15,40
SCS121 CL	Rio do Sul	C2	24/09/2016	14/03/2017	16,05
SCS122 Miura	Taió	C1	20/11/2016	26/04/2017	15,03

O delineamento empregado foi inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial triplo 4 x 2 x 2, composta por quatro cultivares: SCSBRS Tio Taka, SCS116 Satoru, SCS121 CL e SCS122 Miura;

dois graus de umidade na colheita: superior ou igual a 17% e inferior a 17%; e dois sistemas de secagem: estacionário e intermitente.

O sistema de secagem estacionário foi conduzido sob condições laboratoriais. As

amostras médias foram coletadas logo após a colheita, seguido por uma pré-limpeza manual da amostra média (1,4 kg) e posterior secagem em estufa com renovação de ar, regulada a 38°C.

A perda do grau de umidade foi verificada em medidor de umidade digital modelo Gehaka Agri G939 até o momento em que a massa de sementes atingisse  $13 \pm 1$  % de umidade.

O sistema de secagem intermitente seguiu o padrão da unidade de beneficiamento de sementes (UBS) de uma empresa produtora de sementes de arroz. Após a pré-limpeza, as sementes foram levadas ao secador modelo KV8 regulado a 75°C e com controle da temperatura da massa de sementes de 40°C. Em seguida, realizou-se a amostragem conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009) e as amostras médias (1,4 kg) foram encaminhadas ao laboratório.

Após a secagem das sementes nos diferentes sistemas de secagem, realizou-se a homogeneização e a obtenção de quatro subamostras (repetições) (BRASIL, 2009; COELHO et al., 2010) para determinação do grau de umidade final e para a realização das análises fisiológicas de germinação e de vigor pelo envelhecimento acelerado e pelo teste de frio.

O grau de umidade das sementes foi determinado através do método da estufa a  $105 \pm 3$ °C por 24 horas (BRASIL, 2009).

A viabilidade das sementes foi determinada através da avaliação do teste de germinação seguido pelo tetrazólio nas sementes não germinadas.

O teste de germinação foi conduzido com quatro repetições de 100 sementes e conduzido no germinador tipo Mangelsdorf a  $25 \pm 2$ °C por 14 dias. As contagens ocorreram aos 7 e 14 dias após a semeadura, classificando as plântulas em normais, anormais e sementes não germinadas.

Ao fim do teste de germinação, foi realizado o teste de tetrazólio para determinação da viabilidade do lote. As sementes não germinadas foram cortadas longitudinalmente através do embrião e  $\frac{3}{4}$  do endosperma, e imersas em solução de 2,3,5 trifênil-tetrazólio na concentração de 0,1% por

um período de 3 horas a 35°C no escuro (BRASIL, 2009). Após avaliação, foi determinado o número de sementes mortas (inviáveis) e viáveis de acordo com os critérios estabelecidos pelas RAS (BRASIL, 2009). Com estes resultados, determinou-se o percentual de viabilidade do lote somando o percentual de plântulas normais com o percentual de sementes não germinadas viáveis.

Para condução do teste envelhecimento acelerado as sementes foram dispostas sobre a superfície de uma tela de inox, posicionada acima de 40 mL de água destilada e deionizada, em caixas gerbox e mantidas em câmara de envelhecimento acelerado a 41°C por 120 horas (ZUCHI; BEVILAQUA, 2012). Em seguida, foi semeado quatro repetições de 100 sementes e acondicionados em germinador tipo Mangelsdorf regulado a temperatura de  $25 \pm 2$ °C por 14 dias. As contagens foram realizadas aos 7 e 14 dias após a semeadura, contabilizando o número de plântulas normais, anormais e sementes mortas. O percentual de vigor pelo envelhecimento acelerado foi expresso pela média aritmética das repetições das plântulas normais.

No teste de frio também foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes. As sementes foram semeadas em papel germitest, umedecido com água quantidade equivalente a três vezes a massa do papel seco, e acondicionados em sacos plásticos e levados a B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) a 10°C por 7 dias. Após este período, os rolos foram transferidos para um germinador tipo Mangelsdorf a  $25 \pm 2$ °C por mais 7 dias. No final do teste foi contabilizado o número de plântulas normais, anormais e sementes mortas. O percentual de vigor pelo teste de frio foi expresso pela média aritmética das repetições das plântulas normais.

Utilizou-se o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para separação de médias e a análise de Componentes Principais (PCA) para identificar a influência do grau de umidade na colheita e do sistema de secagem sobre a resposta fisiológica das sementes das cultivares de arroz irrigado utilizadas. Os dados em percentuais foram transformados por arco seno, porém os dados apresentados são os valores não transformados. Todas as análises foram

realizadas com auxílio do software R versão 1.1.456 (R CORE TEAM, 2018).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de secagem estacionário (SE) demandou mais tempo de secagem para que as sementes atingissem  $12 \pm 1\%$  de grau de umidade quando comparado ao sistema de secagem intermitente (SI), independentemente do grau de umidade inicial das sementes (Tabela 2).

**Tabela 2.** Cultivar de arroz, grau de umidade inicial (Ui) e final (Uf) das sementes e tempo de secagem (horas) em função do sistema de secagem utilizado.

Cultivar	Ui (%)	SE		SI	
		Uf (%)	Tempo (horas)	Uf (%)	Tempo (horas)
<b>GU <math>\geq</math> 17%</b>					
SCSBRS Tio Taka	18,25	12,23		13,38	
SCS116 Satoru	19,30	12,46	96	12,77	
SCS121 CL	18,17	12,49		13,58	12
SCS122 Miura	17,30	13,13		14,13	
<b>GU <math>&lt;</math> 17%</b>					
SCSBRS Tio Taka	16,40	12,16		13,47	
SCS116 Satoru	15,40	12,45	36	13,08	
SCS121 CL	16,05	12,43		14,05	6
SCS122 Miura	15,03	12,94		13,79	

No SE, o tempo médio de secagem para as sementes com grau de umidade superior a 17% (GU  $\geq$  17%) foi de 96 horas e de 36 horas para as sementes com grau de umidade inferior a 17% (GU  $<$  17%). No SI, as sementes com GU  $\geq$  17% levaram 12 horas para secagem, enquanto as sementes com GU  $<$  17% demandaram 6 horas até atingirem  $13 \pm 1\%$  de umidade (Tabela 2).

A maior lentidão na secagem do SE se deve a menor temperatura utilizada e a menor movimentação das sementes, dificultando a perda de água. Como uma possível consequência observou-se efeito do sistema de secagem na qualidade fisiológica das sementes (Tabela 3).

**Tabela 3.** Percentual médio de viabilidade (plântulas normais e sementes viáveis), plântulas anormais e sementes mortas de arroz ao final do teste de germinação.

GU ≥ 17%						
Sistema de secagem						
	SE	SI	SE	SI	SE	SI
Cultivar	Viabilidade (%)		Anormais (%)		Mortas (%)	
SCSBRS Tio Taka	87 aA A' <sup>1</sup>	86 aA A'	7 bA A'	9 aA A'	6 aA	5 aA
SCS116 Satoru	91 aA A'	84 aA A'	6 bB A'	12 aA A'	3 aA	4 aA
SCS121 CL	90 aA A'	87 aA A'	6 bA A'	9 aA A'	4 aA	4 aA
SCS122 Miura	79 bA A'	80 aA A'	16 aA A'	12 aA B'	5 aA	8 aA
Média (%)	87	84	9	11	5	15
CV (%)	7,47		23,21		47,58	
GU < 17%						
SCSBRS Tio Taka	91 aA A'	89 aA A'	5 bA A'	7 bA A'	4 aA	4 bA
SCS116 Satoru	90 aA A'	91 aA A'	7 bA A'	9 bA A'	3 aA	0 cB
SCS121 CL	88 aA A'	89 aA A'	6 bA A'	10 bA A'	6 aA	1 cB
SCS122 Miura	78 bA A'	60 bB B'	13 aB A'	24 aA A'	9 aB	16 aA
Média (%)	87	82	8	13	6	5
CV (%)	7,47		23,21		47,58	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna em cada grau de umidade, letras maiúsculas iguais na linha entre sistema de secagem e letras maiúsculas seguidas de ( ' ) iguais na coluna entre grau de umidade na cultivar, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A viabilidade das sementes da cultivar SCS122 Miura no SI colhidas com GU < 17% diferiram das demais cultivares apresentando o menor percentual (60%). O SI ocasionou um percentual de plântulas anormais e de sementes mortas significativamente superior ao SE para esta cultivar colhida nesta faixa de umidade, possivelmente por ter ocasionado fissuras nas sementes (MENEZES et al., 2012). Efeito não observado quando essas sementes foram colhidas com GU ≥ 17% (Tabela 3).

Este comportamento demonstra a suscetibilidade a danos da cultivar quando colhido com umidade abaixo do recomendado (22 a 18%). Além disso ressalta a importância da associação do genótipo com o grau de umidade na colheita, e a relevância de cada ponto percentual do grau de umidade para a qualidade fisiológica da semente de arroz. Marchezan, Godoy e Marcos Filho (1993) também observaram que colheitas realizadas com maior grau de umidade (23 a 18%) proporcionam maior percentual de grãos inteiros em arroz irrigado, com menor

percentual de dano mecânico. Portanto, recomenda-se que quando utilizado o SI, a umidade de colheita das sementes da cultivar SCS122 Miura deve ser igual ou superior a 17% para manter a qualidade fisiológica das sementes.

No SE, a cultivar SCS122 Miura teve o menor percentual de viabilidade entre as cultivares, independentemente da umidade na colheita (Tabela 3). É possível que o maior tempo de secagem exigido pelo SE tenha ocasionado danos térmicos e mecânicos, e consequentemente comprometeu a viabilidade das sementes da cultivar SCS122 Miura, demonstrando ser mais suscetível ao dano térmico decorrente da secagem, do que as demais cultivares utilizadas.

As sementes da cultivar SCS116 Satoru no SI colhidas com GU ≥ 17%, apresentaram um percentual de plântulas anormais (12%) significativamente superior as sementes secas em SE (6%) (Tabela 3). O uso de altas temperaturas no SI aliado ao elevado grau de umidade das sementes, podem promover o

gessamento e aumentar a permeabilidade do tegumento (PESKE; VILLELA; GADOTTI, 2019), que com a movimentação da massa de sementes, podem resultar em plântulas anormais ou até mesmo em sementes mortas.

Quando colhidas com GU < 17%, as sementes da cultivar SCS116 Satoru e SCS121 CL apresentaram um maior percentual de sementes mortas no SE, 3 e 6%, respectivamente (Tabela 3). É possível que a morte das sementes nesse sistema tenha ocorrido devido ao tempo de secagem, período em que as sementes ficaram submetidas ao

estresse, ter sido superior ao SI para sementes com o mesmo grau de umidade.

Além da viabilidade, o vigor é um dos principais atributos fisiológicos das sementes de arroz. Este parâmetro também teve efeito do grau de umidade na colheita e do sistema de secagem empregados, principalmente por ocasionar a morte das sementes.

No SI com GU ≥ 17%, a cultivar SCS116 Satoru apresentou o maior vigor (82%) entre as cultivares no mesmo grau de umidade, enquanto com GU < 17% destacou-se a cultivar SCS122 Miura com 57% de vigor no mesmo sistema de secagem (Tabela 4).

**Tabela 4.** Percentual médio de vigor (plântulas normais), plântulas anormais e sementes mortas de arroz ao final do teste de envelhecimento acelerado (EA).

Cultivar	GU ≥ 17%					
	Sistema de secagem					
	SE	SI	SE	SI	SE	SI
	Vigor (%)	Anormais (%)			Mortas (%)	
SCSBRS Tio Taka	34 bB A' <sup>1</sup>	67 bA A'	5 aA	3 aA	61 aA A'	30 aB B'
SCS116 Satoru	36 bB A'	82 aA A'	3 aA	4 aA	61 aA A'	14 bB B'
SCS121 CL	53 aB B'	68 bA A'	5 aA	4 aA	42 bA A'	28 aB B'
SCS122 Miura	40 abB A'	50 bA A'	4 aA	2 aA	56 abA A'	48 aA A'
Média (%)	41	67	4	3	55	30
CV (%)	13,88		42,03		15,7	
	GU < 17%					
SCSBRS Tio Taka	27 cB A'	49 abA B'	1 bA	3 aA	72 aA A'	48 bB A'
SCS116 Satoru	31 cA A'	36 bA B'	2 bA	2 aA	67 aA A'	62 aA A'
SCS121 CL	65 aA A'	37 bB B'	2 bA	3 aA	33 cB A'	60 aA A'
SCS122 Miura	47 bB A'	57 aA A'	7 aA	3 aA	46 bA A'	40 bA A'
Média (%)	43	45	3	3	55	53
CV (%)	13,88		42,03		15,7	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna em cada grau de umidade, letras maiúsculas iguais na linha entre sistema de secagem e letras maiúsculas seguidas de ( ' ) iguais na coluna entre grau de umidade na cultivar, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As cultivares SCSBRS Tio Taka, SCS116 Satoru e SCS121 CL em SI com GU > 17%, apresentaram vigor pelo envelhecimento acelerado superior, em relação as sementes com GU < 17% e secas no mesmo sistema (Tabela 4). Indicando que sementes colhidas com maior grau de umidade apresentam maior vigor, principalmente por permanecerem menos tempo no campo suscetíveis a estresses bióticos

e abióticos. Além disso, a semente com menor grau de umidade fica mais sensível aos impactos térmicos e mecânicos gerados no beneficiamento e principalmente na secagem, pela temperatura empregada e pela movimentação das sementes que podem desencadear trincas e quebras, ou o comprometimento de membranas, afetando o vigor das sementes.

No SE, a cultivar SCS121 CL apresentou maior vigor (65%) pelo envelhecimento acelerado entre as cultivares com  $GU < 17\%$ , devido o menor número de sementes mortas (Tabela 4). As sementes com menor grau de umidade estão mais suscetíveis a danos por secagem, principalmente quando são utilizados sistemas onde há movimentação da massa de sementes. Portanto, a secagem de sementes com menor grau de umidade pelo SE não causou efeito negativo no vigor das sementes da cultivar SCS121 CL pela menor movimentação.

As sementes em condições de  $GU \geq 17\%$  no SI, apresentaram vigor médio pelo envelhecimento acelerado (67%) superior ao SE (41%), apresentando os menores percentuais de sementes mortas (Tabela 4).

O vigor das sementes diminuiu com o aumento dos períodos de secagem como é observado no SE, que dependendo do grau de umidade inicial compromete os sistemas de membrana das sementes (BARROS et al., 2010) e aumenta a sensibilidade a danos térmicos e mecânicos.

As cultivares SCSBRS Tio Taka e SCS122 Miura no SI, apresentaram vigor pelo envelhecimento acelerado superior ao SE, independentemente do grau de umidade na colheita (Tabela 4). Resultado contrário ao observado na cultivar SCS121 CL, mostrando

que há diferenças quanto a sensibilidade das cultivares ao dano térmico, e que essa sensibilidade é influenciada por diversos fatores como, genótipo, grau de umidade na colheita, temperatura do ar e tempo de secagem (GARCIA et al., 2004).

O SE comprometeu o vigor das sementes, pelo elevado percentual médio de sementes mortas (55%). A morte dessas sementes pode ter sido resultante do “envidramento”, comum de ocorrer no SE. O “envidramento” ocorre quando a camada superficial das sementes interrompe o processo de transferência de água para o meio, resultando na interrupção do processo de secagem. Esse tipo de dano por efeito térmico é mais frequente em sementes alongadas, como é o caso da semente de arroz. Somente uma secagem realizada em vários ciclos reduz as probabilidades de “envidramento” (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), como ocorre na secagem intermitente.

Além do vigor pelo envelhecimento acelerado, o teste de frio é outro teste de vigor utilizado para estimar o potencial das sementes de arroz através da tolerância ao frio.

Através deste teste de vigor, observou-se que no SI a cultivar SCS116 Satoru apresentou menor vigor ( $GU \geq 17\%$ : 43% e  $GU < 17\%$ : 35%), independente do grau de umidade na colheita (Tabela 5).

**Tabela 5.** Percentual médio de vigor (plântulas normais), plântulas anormais e sementes mortas de arroz ao final do teste de frio.

Cultivar	GU ≥ 17%					
	Sistema de secagem					
	SE	SI	SE	SI	SE	SI
	Vigor (%)	Anormais (%)	Mortas (%)			
SCSBRS Tio Taka	37 aB A' <sup>1</sup>	71 aA A'	50 aA	16 bB	13 bA A'	13 abA B'
SCS116 Satoru	52 aA A'	43 bA A'	39 aA	44 aA	9 bA A'	13 abA B'
SCS121 CL	45 aB A'	64 abA A'	42 aA	18 bB	13 bA A'	18 aA A'
SCS122 Miura	30 bB A'	79 aA A'	40 aA	17 bB	30 aA A'	4 bB B'
Média (%)	41	64	43	24	16	12
CV (%)	21,59		19,14		24,92	
	GU < 17%					
SCSBRS Tio Taka	49 aB A'	53 aA B'	37 aA	24 abB	14 abA A'	23 abA A'
SCS116 Satoru	43 abA A'	35 bA A'	40 aA	39 aA	17 abA A'	26 abA A'
SCS121 CL	37 abB A'	57 aA A'	47 aA	26 abB	16 bA A'	17 bA A'
SCS122 Miura	25 bB A'	50 aA B'	50 aA	19 bB	25 aA A'	31 aA A'
Média (%)	39	49	44	27	18	24
CV (%)	21,59		19,14		24,92	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna em cada grau de umidade, letras maiúsculas iguais na linha entre sistema de secagem e letras maiúsculas seguidas de ( ' ) iguais na coluna entre grau de umidade na cultivar, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As cultivares SCSBRS Tio Taka e SCS122 Miura no SI, com GU ≥ 17%, apresentaram vigor superior (71 e 79%) as sementes com GU < 17% (53 e 50%) (Tabela 5). Essa redução no vigor ocorreu pelo maior percentual de sementes mortas quando colhidas com GU < 17%.

A morte dessas sementes pode ter sido em função da menor quantidade de água presente nas estruturas da semente, a tornando mais suscetível a danos térmicos e mecânicos na colheita e na secagem nesse sistema, comprometendo as membranas das sementes.

Observou-se que no SE a cultivar SCS122 Miura apresentou menor vigor pelo frio (GU ≥ 17%: 30% e GU < 17%: 25%), independentemente do grau de umidade na colheita, ou seja, o SE não possibilitou a manutenção do vigor das sementes dessa cultivar, colaborando com a hipótese desta cultivar ser mais sensível a dano térmico (Tabela 5).

Por outro lado, no SI, a mesma cultivar apresentou os maiores percentuais de vigor

(GU ≥ 17%: 79% e GU < 17%: 50%), independentemente do grau de umidade na colheita, indicando que apesar da temperatura empregada ser mais elevada o fator determinante pode ter sido o tempo de exposição ao estresse térmico.

O SI apresentou condições propícias para a manutenção do vigor pelo frio das cultivares SCSBRS Tio Taka, SCS121 CL e SCS122 Miura, independentemente do grau de umidade na colheita (Tabela 5). O SE promoveu um percentual elevado de plântulas anormais (GU ≥ 17%: 43% e GU < 17%: 44%), que pode ter sido resultante de danos térmicos ocasionados pelo tempo de exposição ao estresse.

A secagem pode causar danos irreparáveis ao sistema de membranas, prejudicando o desempenho fisiológico das sementes e levando ao desenvolvimento de plântulas anormais (FARIA et al., 2003).

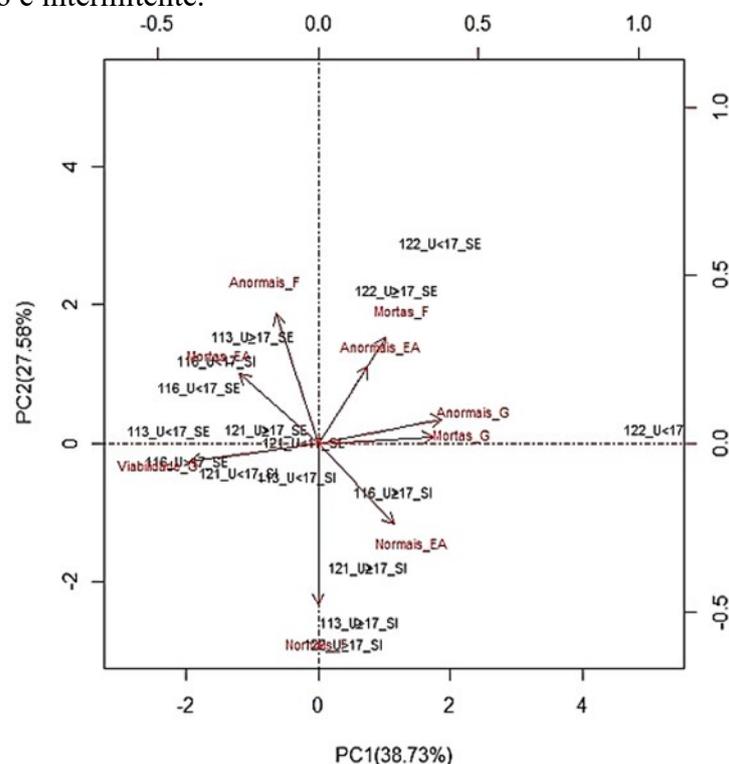
Apesar da temperatura do ar de secagem no SE não ter ultrapassado os 38°C, o dano causado pela temperatura pode variar de acordo com o tempo de exposição e com o grau de

umidade inicial das sementes que afetam a qualidade das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). E como observado, no SE as sementes permaneceram até 96 horas quando colhidas com  $GU \geq 17\%$ . Nessas condições, a respiração das sementes mantém-se alta, resultando na degradação de substâncias de reservas, no aumento da taxa respiratória e na deterioração das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012) prejudicando a qualidade fisiológica.

Buscando identificar a influência do grau de umidade na colheita e do sistema de

secagem sobre a resposta fisiológica das sementes das cultivares de arroz utilizadas utilizou-se da análise de componentes principais (PCA). A análise de PCA possibilitou uma melhor visualização do efeito do grau da umidade na colheita e do sistema de secagem sobre a qualidade fisiológica das cultivares. A variância total explicada pelos dois primeiros componentes foi de 66,31%, sendo 38,73% no primeiro componente (PC1) e 27,58% no segundo componente (PC2) (Figura 1).

**Figura 1.** Diagrama de ordenação por Análise de Componentes Principais (PCA) das cultivares de arroz colhidos com diferentes graus de umidades associados aos sistemas de secagem estacionário e intermitente.



Observou-se que as amostras do componente PC1-/PC2+ foram agrupadas em função das plântulas anormais pelo teste de frio e de sementes mortas pelo envelhecimento acelerado. No componente PC1-/PC2- as amostras foram agrupadas em função da viabilidade das sementes e vigor pelo teste de frio. No componente PC1+/PC2+ as amostras foram agrupadas em função das plântulas anormais do teste de germinação e envelhecimento acelerado, e pelas sementes mortas no teste de frio e germinação. No componente PC1+/PC2-, as amostras foram

agrupadas em função do vigor pelo envelhecimento acelerado (Figura 1).

Analisando estes agrupamentos formados, a PCA demonstra que o SI manteve o vigor das sementes e que o SE resultou em um aumento de plântulas anormais e de sementes mortas. Além disso, para a viabilidade das sementes, independente do grau de umidade na colheita, constatou-se relações dependentes do genótipo, o que indica um aspecto muito importante a ser considerado para o setor produtivo de sementes de arroz.

Resultados semelhantes foram encontrados por Rangel (1994) e Guimarães (1999), que observaram que a SI com temperatura de ar de 70°C não reduziu a qualidade fisiológica das sementes de arroz. Diferente de Saravia, Peres e Risso (2007), que observaram que a SI com temperatura constante do ar a 60°C afetou negativamente a qualidade fisiológica de semente de arroz.

Ressalta-se que o genótipo mostrou ser um fator de grande relevância na sensibilidade ao dano térmico e mecânico.

As sementes colhidas com maior grau de umidade apresentaram maior vigor. O atraso na colheita, simulado pelas sementes colhidas com GU < 17%, desencadeou uma redução na qualidade fisiológica das sementes de arroz, tornando as sementes mais sensíveis a danos térmicos e mecânicos. Diferente de Andrade et al. (1999), que relata que sementes colhidas com maiores graus de umidade tendem a ter menor vigor se comparadas às sementes colhidas com menores graus de umidade, devido à alta taxa de remoção de água no interior da semente, que causa danos às estruturas da membrana e vazamentos do conteúdo celular.

Neste trabalho é importante destacar que o grau de umidade médio das sementes colhidas com GU  $\geq$  17%, se encontravam dentro da faixa ideal de colheita (22 a 18%) recomendada para a cultura do arroz (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO, 2018).

Apesar do sistema de secagem não ter afetado significativamente a viabilidade para a

maioria das cultivares, as sementes submetidas ao SI apresentaram em média os melhores percentuais de vigor pelo teste de envelhecimento acelerado (56%) e frio (57%), ou seja, este sistema de secagem possibilitou a manutenção da qualidade fisiológica das sementes. É possível que o tempo demandado no SE que foi superior ao SI, tenha sido o principal fator que afetou a qualidade fisiológica das sementes de arroz nesse sistema de secagem.

#### 4 CONCLUSÃO

O sistema de secagem e o grau de umidade na colheita pode afetar negativamente a qualidade fisiológica das sementes das cultivares de arroz SCSBRS Tio Taka, SCS122 Miura, SCS116 Satoru e SCS121 CL.

O uso da secagem intermitente e a colheita de sementes com grau de umidade igual ou superior a 17% possibilita a manutenção da qualidade fisiológica produzida no campo (viabilidade 84% e vigor superior a 65% pelo envelhecimento acelerado e frio).

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro da CAPES e TR653PAP / UDESC / FAPESC. A cooperativa Agropecuária Regional Vale do Itajaí pela doação das sementes. O segundo autor agradece o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade. Este artigo faz parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

#### 6 REFERÊNCIAS

AVELAR, S. A. G.; LEVIEN, A. M.; PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; BAUDET, L. Secagem estacionária de sementes de soja com ar desumidificado por resfriamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 454-462, 2011.

ANDRADE, E. T.; CORRÊA, P. C.; MARTINS, J. H.; ALVARENGA, E. M. Avaliação de dano mecânico em sementes de feijão por meio de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 54-60, 1999.

BARBOSA, F. F.; ELIAS, M. C.; FAGUNDES, C. A. A.; PEREIRA, F. M.; RADUNZ, L. L. Efeitos das secagens estacionária e intermitente e do tempo de armazenamento no desempenho industrial de grãos de arroz. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 83-90, 2005.

BARROS, D. I.; BRUNO, R. L. A.; NUNES, H. V.; MENDONÇA, R. M. N.; PEREIRA, W. E. Comportamento fisiológico de sementes de mangaba submetidas à dessecação. **Revista Acta Tecnológica**, São Luís, v. 5, n. 1, p. 31-43, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: ACS, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Controle da Produção de Sementes e Mudanças**. Sistema de Gestão Fundiária. Brasília, DF: ACS, 2020.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

COELHO, C. M. M.; ZÍLIO, M.; SOUZA, C. A.; GUIDOLIN, A. F.; MIQUELLUTI, D. J. Características morfo-agronômicas de cultivares crioulas de feijão comum em dois anos de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, supl. 1, p. 1177-1186, 2010.

EICHOL, E. D.; PERES, W. B. Monitoramento da qualidade física de secagem de sementes de milho em secadores estacionários. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 57-64, 2008.

FARIA, M. A. V. R.; PINHO, R. G. V.; PINHO, E. V. R. V.; GUIMARÃES, R. M. **Marcadores moleculares da qualidade fisiológica de sementes**. Lavras: UFLA: FAEPE, 2003.

GALVÃO, J. C. C. G.; CONCEIÇÃO, P. M.; ARAÚJO, E. F.; KARSTEN, J.; FINGER, F. L. Alterações fisiológicas e enzimáticas em sementes de milho submetidas a diferentes épocas de colheita e métodos de debulha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 1, p. 14-23, 2014.

GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004.

GUIMARÃES, R. M. **Fisiologia de sementes**. 1999. Trabalho de Pós-Graduação (Especialização em Produção e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

JENNINGS, P. R.; JESUS JUNIOR, J. Effect of heat on breaking seed dormancy in rice. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 5, p. 530-533, 1964.

MARCHEZAN, E.; GODOY, O. P.; MARCOS FILHO, J. Relações entre época de colheita e rendimento de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 7, p. 843-848, 1993.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MENEGHETTI, V. L.; AOSANI, E.; ROCHA, J. C.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C.; POHNDORF, R. S. Modelos matemáticos para a secagem intermitente de arroz em casca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1115-1120, 2012.

MENEZES, N. L.; PASQUALLI, L. L.; BARBIERI, A. P. P.; VIDAL, M. D.; CONCEIÇÃO, G. C. Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 430-436, 2012.

OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SMANIOTTO, T. A. S.; CAMPOS, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de milho submetidas a diferentes temperaturas na secagem artificial. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 9, n. 2, p. 25-34, 2016.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; GADOTTI, G. I. Secagem de sementes. *In*: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2019. p. 355- 405.

PUTRANTO, A.; CHEN, X. D.; XIAO, Z.; WEBLEY, A. P. Mathematical modeling of intermittent and convective drying of rice and coffee using the reaction engineering approach (REA). **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 105, n. 4, p. 638-646, 2011.

RANGEL, M. A. S.; ZIMMER, G. J.; VILLELA, F. A. Secagem estacionária de sementes de arroz com ar ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 10, p. 1081-1090, 1997.

RANGEL, P. H. H. Seleção recorrente e híbridos, alternativas para aumentar o potencial produtivo das cultivares de arroz. *In*: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, Goiânia, 1994. **Anais [...]**. Goiânia: Embrapa: CNPAF, 1994. p. 37-48.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018.

SARAVIA, C. T.; PERES, W. B.; RISSO, J. Manejo da temperatura do ar na secagem intermitente de sementes de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 2, p. 23-27, 2007.

SCHUH, G.; GOTTARDIM, R.; FILHO, E. F.; ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha - RS, armazenados por 6 meses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.

SMIDERLE, O. J.; DIAS, C. T. S. Época de colheita e armazenamento de sementes de arroz produzidas no cerrado de Roraima. **Revista Agro@ambiente**, Boa vista, v. 5, n. 1, p. 18-23, 2011.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas: SOSBAI, 2018.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; OLIVEIRA, D. E. C.; COSTA, L. M. Qualidade fisiológica das sementes de sorgo sacarino submetidas à secagem em diferentes condições de ar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 1, p. 64-69, 2015.

ZUCHI, J.; BEVILAQUA, G. A. P. **Qualidade fisiológica de sementes de arroz armazenadas em diferentes embalagens e temperaturas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. (Boletim, 163).